Strömungsmessungen westlich von Padang, Sumatra

- Datenreport -

Holger Klein

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

Original Daten von Andreas Kunzmann, ZMT Bremen (1994-1997)

Interner Bericht, Stand:11.12.2001

Inhalt:

2 I. Einleitung

6 II. Strömungsstatistiken, Progressive Vektordiagramme und Scatterdiagramme:

6 PE1, Record a94058, 01.10.94 – 25.10.94

8 PE3, Record a96114, 03.10.95 – 15.01.96

10 PE4, Record a96111, 24.01.96 – 27.04.96

12 PE5, Record a96112, 18.05.96 – 21.07.96

14 PE6, Record a96113, 02.08.96 – 05.10.96

16 PE7, Record a97018, 11.11.96 – 20.02.97

18 III. Tiefpass-Statistik

19 IV. Monatsmittelwerte

20 V. Definition der statistischen Parameter

22 VI. Literatur

I. Einleitung

In der Zeit zwischen August 1994 und Februar 1997 wurden im Rahmen einer DAAD-Langzeitdozentur[1] von Dr. Andreas Kunzmann (ZMT[2]) und der Bung Hatta University Padang (Indonesien) östlich und westlich der Insel Pulau Pandan Strömungsmessungen durchgeführt. Pandan ist eine kleine unbewohnte Insel mit einem Durchmesser von ca. 350 m. Sie liegt 12.5 sm westlich der Hafenstadt Padang vor der Westküste Sumatras (siehe Abb. 1 und 2). Westlich und östlich der Insel wurde je ein Strömungsmesser auf der 30 m-Tiefenlinie verankert, die Strommesser befanden sich dabei auf einer Tiefe von 25 m. Die Grundgewichte der Verankerungen wurden einmalig zur Beginn der Messkampagne ausgebracht. Zur Wartung und Datensicherung wurden die Messketten in den Folgemonaten wiederholt durch Taucher geborgen und neu ausgebracht. Als Auftriebskörper dienten mehrere rechteckige 25 l-Kanister, die sich etwa 18 bis 20 m unter der Wasseroberfläche befanden.

Bei den eingesetzten Geräten handelte es sich um 2 Aanderaa-Strömungsmesser vom Typ RCM4[3], die die Stromgeschwindigkeit mit Hilfe eines angeströmten Rotors messen. Das Gerät ist frei drehbar aufgehängt und wird durch eine Stromfahne in Strömungsrichtung ausgerichtet. Die Ausrichtung des Gerätes wird mit einem Kompass registriert. Die Messdaten werden im Gerät mechanisch kodiert von einem Magnetband aufgezeichnet. Bei der Messung handelt es sich um eine Punktmessung, da die Strömung nur im Bereich des Rotors gemessen wird. Die Strommesser waren eine Leihgabe des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven. Beide Geräte waren mit einem Drucksensor, einem Temperatursensor und einem Leitfähigkeitssensor zur Berechnung des Salzgehaltes ausgestattet. Alle Sensorwerte wurden mit den Standard-Kalibrationskoeffizienten von Aanderaa in physikalische Einheiten umgerechnet, eine explizite Kalibration der Sensoren nach BSH-Standard wurde nicht durchgeführt. Durch starken Bewuchs an den Geräten waren die Leitfähigkeitsmessungen generell unbrauchbar, teilweise waren auch die Druckwerte nicht auswertbar. Blockaden des

[1] DAAK = Deutscher Akademischer Auslandsdienst
[2] ZMT = Zentrum für Marine Tropenökologie, Bremen
[3] RCM = Recording Current Meter

Rotors und/oder der Strömungsfahne führten dazu, dass einige Zeitreihen nur wenige Tage lang waren oder gänzlich unbrauchbar waren. Zeitreihen, die kürzer als 7 Tage waren, wurden generell ausgesondert. Die Ansprechgeschwindigkeit der Rotoren liegt bei diesen Geräten bei 2.0 – 2.5 cm/s (Aanderaa [1979]) unter der Voraussetzung, dass die Lager sauber und bewuchsfrei sind. Zeiten mit Rotorstillstand infolge schwacher Strömungsgeschwindigkeiten waren insbesondere bei der westlichen Station häufig zu beobachten und nahmen mit zunehmender Auslegezeit zu. In diesen Fällen wurden die Zeitreihen dort abgeschnitten, wo nicht mehr erkennbar war, ob die Geschwindigkeit infolge des Gerätezustands gegen Null ging oder ob die Strömungen wirklich so schwach waren. Gerät A (Referenz 627) wurde bei allen Messungen auf der Position Pandan West (PW) eingesetzt und während der ersten beiden Kampagnen auf der Position Pandan East (PE1, PE2). Dies Gerät erwies sich als extrem fehleranfällig, so dass letztlich alle Messungen auf der West-Position (PW1 – PW6) und die Messung PE2 ausgesondert werden mussten. Der auf PE eingesetzte Strömungsmesser (Gerät B, Referenz 575) arbeitet deutlich zuverlässiger, aber auch hier mussten einige Zeitserien gekürzt werden. Tabelle 1 zeigt alle auswertbaren Zeitserien zusammen mit der BSH-Recordnummer, unter der die Daten beim BSH archiviert sind. Die Messzeit ist der Zeitraum, für den zuverlässige Daten vorliegen. Er ist zum Teil deutlich kürzer als die Auslegezeit des Strommessers.

Tabelle 1: Verankerungslogistik Pandan East (PE),
Position: 0° 56.59' S, 100° 08.59' E, 30 m Wassertiefe

ID	MT	dt	Messzeit		BSH Recordnr.	ISH Filename	Para-meter
	m	min	UTC				
PE1	25	10	01.10.94	06:30 – 25.10.94 06:50	a94058	IN515002	VTp
PE3	25	15	03.10.95	05:30 – 15.01.96 10:45	a96114	IN283601	VT
PE4	25	15	24.01.96	04:00 – 27.04.96 00:45	a96111	IN283602	VT
PE5	25	15	18.05.96	07:00 – 21.07.96 07:15	a96112	IN283603	VTp
PE6	25	15	02.08.96	05:00 – 05.10.96 05:45	a96113	IN283604	VT
PE7	25	15	11.11.96	07:15 – 20.02.97 07:00	a97018	IN283605	VTp

ID = Mooring Identifier, MT = Messtiefe, dt = Messintervall
Parameter: V = Geschwindigkeit u. Richtung, T = Temperatur, p = Druck

Die in Tabelle 1 angegebene Verankerungsposition wurde mit einem GPS-Empfänger eingemessen und stimmt nicht mit der Kartenposition in Abb.2 überein. Die Karte bezieht sich auf ein anderes Referenzsystem und die Vermessung von Pandan ist vermutlich auch fehlerhaft.

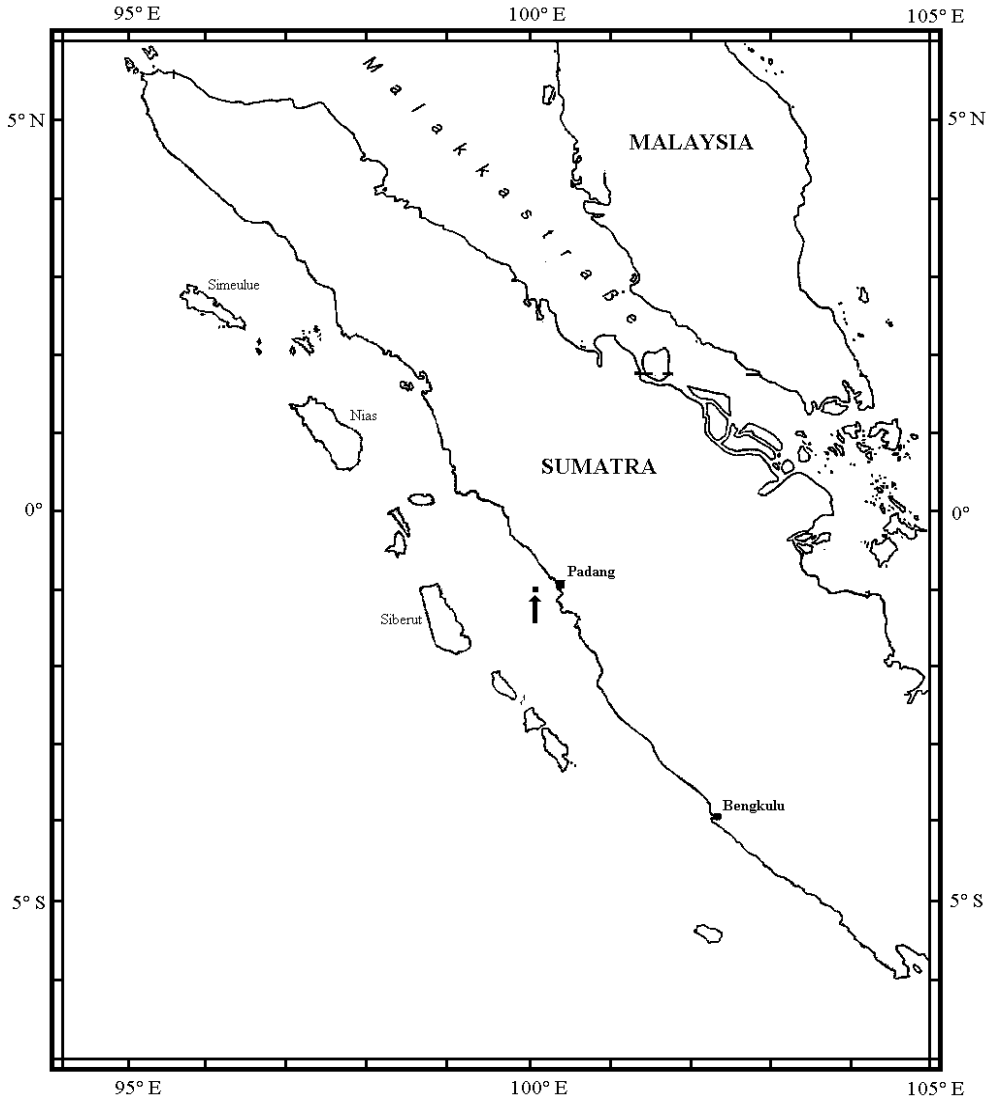


Abb. 1: Die Lage der Insel Pandan (Pfeil) vor der Westküste Sumatras. Eine Detailkarte findet sich in Abb.2 (Nach DHI [1990]).

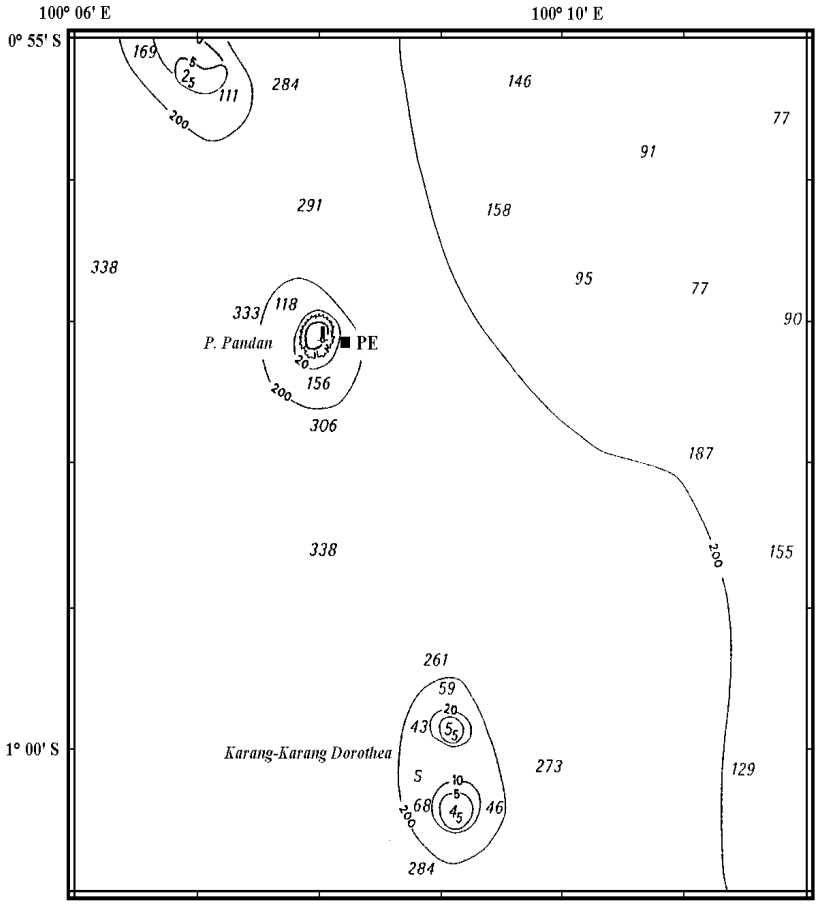


Abb. 2: Die Insel Pandan mit der Messposition Pandan East (PE). Die Position wurde nach Angaben von A. Kunzmann eingetragen und stimmt nicht mit der GPS-Position in Tabelle 1 überein (Nach British Admirality System, No.2965).

II. Strömungsstatistiken, Progressive Vektordiagramme und Scatterdiagramme

Tabelle 2: Strömungsstatistik PE1, Recordnr.: a94058

	Mittel	Max	Min	95%-KI	Stdabw.	Varianz	K_i
u-Komponente:	-0.50	22.83	-27.42	0.19	5.73	32.79	0.2058×10^5
v-Komponente:	-2.74	21.69	-49.93	0.34	10.12	102.45	0.6640×10^6
Betrag :	10.85	50.42	0.00	0.17	5.03	25.34	
Druck :	25.19	26.00	24.50	0.01	0.29	0.08	
Temperatur :	24.68	25.73	23.00	0.01	0.44	0.19	

95%-KI = 95% Konfidenzintervall, Stdabw. = Standardabweichung,
K_i = Eddy Diffusivity (cm^2/s)

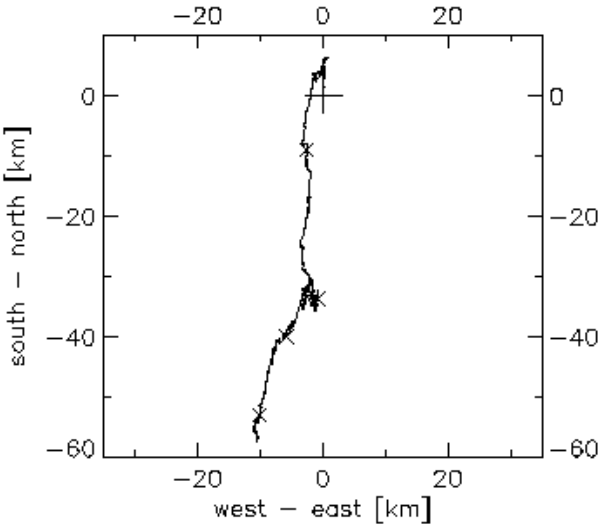
Messzeitraum (UTC)	:	01.10.1994 06:30 - 25.10.1994 06:50
Anzahl Messzyklen	:	3459
Messzyklus	:	10.00 Minuten
Messtiefe	:	25 m
Bodenabstand	:	5 m
Mittlere Richtung	:	190 Grad
Vektorielles Mittel	:	2.79 cm/s
Stabilitaetsfaktor	:	25.7 %
Kovarianz (u'v')	:	14.97 $(cm/s)^2$
Kin. Eddy-Energie k_e	:	67.62 $(cm/s)^2$
Mittl. Kin. Energie k_m	:	3.89 $(cm/s)^2$
k_e/k_m	:	17.4
Rotorstillstand	:	0.1 %

Hauptachsen-Analyse:
$\lambda_1 = 105.5\ (cm/s)^2$, $\lambda_2 = 29.7\ (cm/s)^2$, $\theta = 11.6°$ (geogr.)

Prozentuale Häufigkeitsverteilung für Speed und Richtung:

Speedinter-vall (cm/s) :	0-6	6-12	12-18	18-24	24-30	30-36	36-42	42-48	48-54	54-60	Richtg. gesamt:
0- 30 Grad :	0.8	8.4	3.3	0.2	-	-	-	-	-	-	12.8
30- 60 Grad :	0.9	4.5	1.4	0.1	-	-	-	-	-	-	6.8
60- 90 Grad :	0.5	2.9	0.8	-	-	-	-	-	-	-	4.3
90-120 Grad :	0.3	2.5	0.5	-	0.0	-	-	-	-	-	3.4
120-150 Grad :	0.8	3.2	0.8	-	-	-	-	-	-	-	4.7
150-180 Grad :	0.9	8.2	2.7	0.3	0.3	0.1	0.1	-	-	-	12.7
180-210 Grad :	0.9	13.4	7.6	2.0	0.5	0.2	0.4	0.1	0.1	-	25.4
210-240 Grad :	0.5	6.0	2.3	0.3	0.1	-	0.0	0.1	-	-	9.3
240-270 Grad :	0.4	2.8	0.8	0.0	0.0	-	-	-	-	-	4.0
270-300 Grad :	0.2	2.3	0.6	0.0	-	-	-	-	-	-	3.1
300-330 Grad :	0.5	2.9	1.1	-	-	-	-	-	-	-	4.5
330-360 Grad :	0.7	6.1	1.9	0.2	-	-	-	-	-	-	9.0
Speed gesamt :	7.6	63.3	23.8	3.1	1.0	0.3	0.6	0.2	0.1	-	%

PE1



record no: a94058

si= 10 min; sd= 25 m

data not filtered

01.10.1994 06:30 − 25.10.1994 06:50 (UTC)

Time marks (x) are given every 120 hours

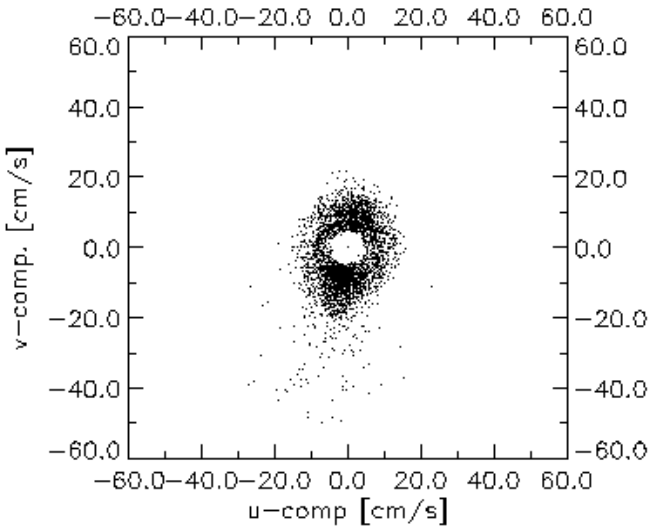


Tabelle 3: Strömungsstatistik PE3, Recordnr.: a96114

	Mittel	Max	Min	95%-KI	Stdabw.	Varianz	K_i
u-Komponente:	0.14	46.98	-21.03	0.10	4.91	24.07	0.5664×10^6
v-Komponente:	0.69	34.07	-71.15	0.17	8.87	78.69	0.2316×10^7
Betrag :	8.25	76.74	1.50	0.12	5.93	35.21	
Temperatur :	28.95	29.51	27.85	0.01	0.28	0.08	

95%-KI = 95% Konfidenzintervall, Stdabw. = Standardabweichung,
K_i = Eddy Diffusivity (cm^2/s)

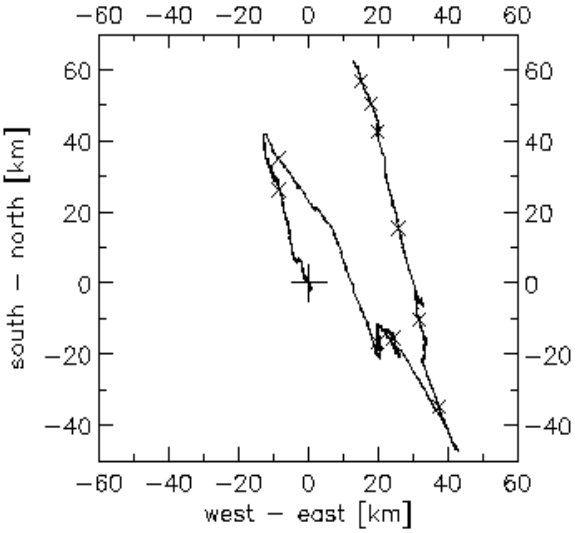
Messzeitraum (UTC)	:	03.10.1995 05:30 - 15.01.1996 10:45
Anzahl Messzyklen	:	10006
Messzyklus	:	15.00 Minuten
Messtiefe	:	25 m
Bodenabstand	:	5 m
Mittlere Richtung	:	11 Grad
Vektorielles Mittel	:	0.70 cm/s
Stabilitaetsfaktor	:	8.5 %
Kovarianz (u'v')	:	-25.09 $(cm/s)^2$
Kin. Eddy-Energie k_e	:	51.38 $(cm/s)^2$
Mittl. Kin. Energie k_m	:	0.25 $(cm/s)^2$
k_e/k_m	:	207.7
Rotorstillstand	:	4.0 %

Hauptachsen-Analyse:
$\lambda_1 = 88.5$ $(cm/s)^2$, $\lambda_2 = 14.3$ $(cm/s)^2$, $\theta = 158.7°$ (geogr.)

Prozentuale Häufigkeitsverteilung für Speed und Richtung:

Speedinter-vall (cm/s) :	0-8	8-16	16-24	24-32	32-40	40-48	48-56	56-64	64-72	72-80	Richtg. gesamt:
0- 30 Grad :	5.8	2.5	0.1	-	-	-	-	-	-	-	8.5
30- 60 Grad :	2.6	0.8	0.0	-	-	-	-	-	-	-	3.4
60- 90 Grad :	1.7	0.6	0.0	-	-	-	-	-	-	-	2.2
90-120 Grad :	2.3	0.8	0.0	0.1	-	-	-	-	-	-	3.2
120-150 Grad :	4.7	2.9	1.1	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	9.6
150-180 Grad :	6.4	5.5	1.5	0.7	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6
180-210 Grad :	4.1	2.5	0.2	0.0	-	-	-	-	-	-	6.9
210-240 Grad :	3.1	1.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	4.1
240-270 Grad :	2.4	0.7	0.0	-	-	-	-	-	-	-	3.1
270-300 Grad :	2.4	0.6	0.0	-	-	-	-	-	-	-	3.1
300-330 Grad :	5.4	1.8	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	7.3
330-360 Grad :	18.5	14.0	1.4	0.2	0.0	-	-	-	-	-	34.1
Speed gesamt :	59.4	33.7	4.4	1.5	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	%

PE3



record no: a96114

si= 15 min; sd= 25 m

data not filtered

03.10.1995 05:30 − 15.01.1996 10:45 (UTC)

Time marks (x) are given every 240 hours

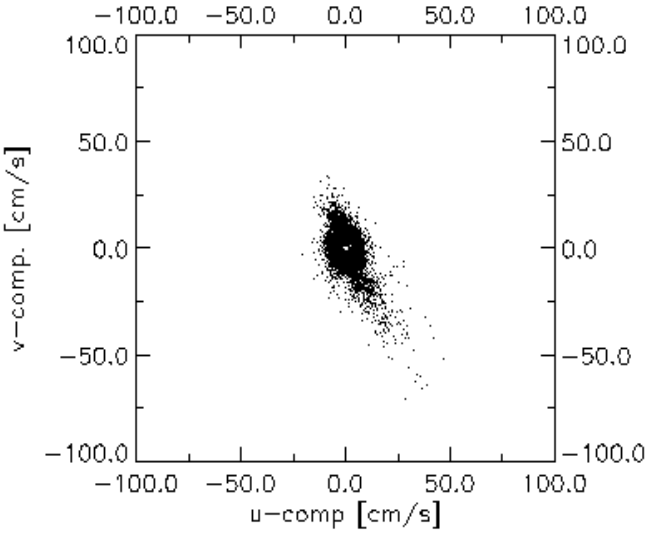


Tabelle 4: Strömungsstatistik PE4, Recordnr.: a96111

	Mittel	Max	Min	95%-KI	Stdabw.	Varianz	K_i
u-Komponente:	1.03	27.57	-28.95	0.10	4.82	23.27	0.2735×10^7
v-Komponente:	2.81	39.57	-42.97	0.13	6.24	38.89	0.7856×10^7
Betrag :	7.24	47.24	1.50	0.09	4.32	18.64	
Temperatur :	28.85	30.26	24.88	0.01	0.51	0.26	

95%-KI = 95% Konfidenzintervall, Stdabw. = Standardabweichung,
K_i = Eddy Diffusivity (cm^2/s)

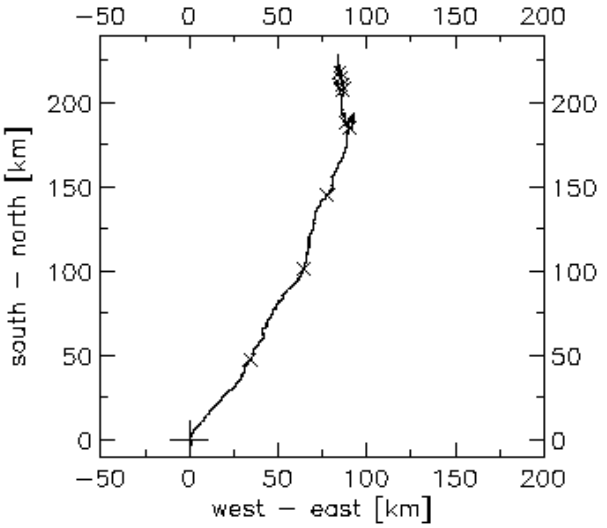
Messzeitraum (UTC)	:	24.01.1996 04:00 - 27.04.1996 00:45
Anzahl Messzyklen	:	9012
Messzyklus	:	15.00 Minuten
Messtiefe	:	25 m
Bodenabstand	:	5 m
Mittlere Richtung	:	20 Grad
Vektorielles Mittel	:	2.99 cm/s
Stabilitaetsfaktor	:	41.3 %
Kovarianz (u'v')	:	0.73 $(cm/s)^2$
Kin. Eddy-Energie k_e	:	31.08 $(cm/s)^2$
Mittl. Kin. Energie k_m	:	4.48 $(cm/s)^2$
k_e/k_m	:	6.9
Rotorstillstand	:	0.5 %

Hauptachsen-Analyse:
$\lambda_1 = 38.9$ $(cm/s)^2$, $\lambda_2 = 23.2$ $(cm/s)^2$, $\theta = 2.7°$ (geogr.)

Prozentuale Häufigkeitsverteilung für Speed und Richtung:

Speedinter-vall (cm/s) :	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	Richtg. gesamt:
0- 30 Grad :	3.9	5.4	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	-	-	-	10.1
30- 60 Grad :	6.5	14.5	4.2	1.5	0.5	0.1	0.0	0.0	-	-	27.5
60- 90 Grad :	0.7	0.8	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	1.6
90-120 Grad :	0.5	0.5	0.0	0.0	-	0.0	-	-	-	-	1.0
120-150 Grad :	1.3	1.0	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	-	-	-	2.9
150-180 Grad :	2.5	3.5	0.9	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	7.9
180-210 Grad :	2.2	3.4	0.3	0.1	0.0	-	-	-	-	-	6.1
210-240 Grad :	1.3	1.6	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	3.0
240-270 Grad :	0.7	1.0	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	1.8
270-300 Grad :	1.4	3.4	0.4	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	5.3
300-330 Grad :	2.2	3.2	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	-	-	-	6.1
330-360 Grad :	8.6	15.1	2.0	0.5	0.3	0.1	0.1	-	0.0	-	26.6
Speed gesamt :	31.9	53.5	9.3	3.0	1.3	0.6	0.3	0.1	0.1	0.0	%

PE4



record no: a96111

si= 15 min; sd= 25 m

data not filtered

24.01.1996 04:00 − 27.04.1996 00:45 (UTC)

Time marks (x) are given every 240 hours

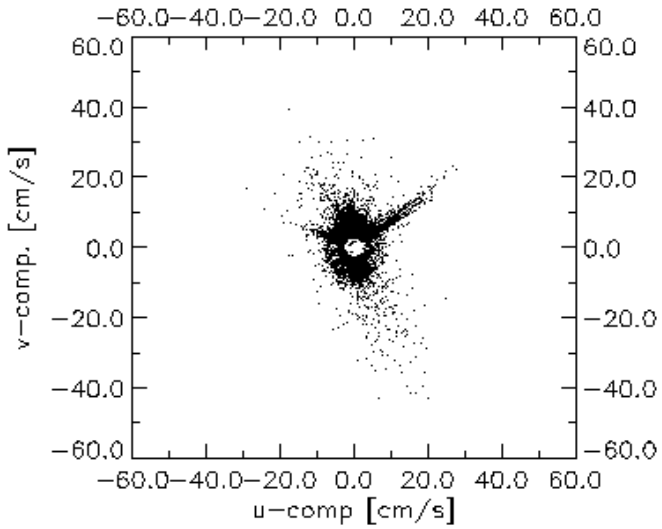


Tabelle 5: Strömungsstatistik PE5, Recordnr.: a96112

	Mittel	Max	Min	95%-KI	Stdabw.	Varianz	K_i
u-Komponente:	0.14	24.48	-18.76	0.10	4.11	16.93	0.3182×10^6
v-Komponente:	-0.46	25.95	-44.02	0.21	8.27	68.42	0.1607×10^7
Betrag :	7.98	45.19	1.50	0.12	4.68	21.94	
Druck :	24.62	25.50	23.60	0.01	0.36	0.13	
Temperatur :	29.29	30.01	28.41	0.01	0.22	0.05	

95%-KI = 95% Konfidenzintervall, Stdabw. = Standardabweichung,
K_i = Eddy Diffusivity (cm^2/s)

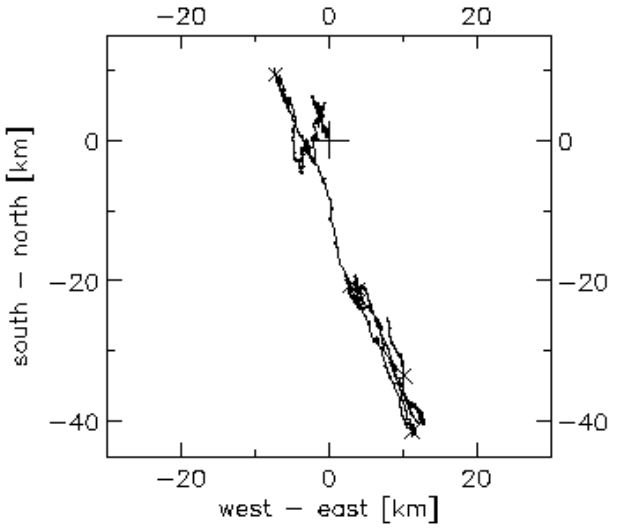
Messzeitraum (UTC)	:	18.05.1996 07:00 - 21.07.1996 07:15
Anzahl Messzyklen	:	6146
Messzyklus	:	15.00 Minuten
Messtiefe	:	25 m
Bodenabstand	:	5 m
Mittlere Richtung	:	163 Grad
Vektorielles Mittel	:	0.48 cm/s
Stabilitaetsfaktor	:	6.1 %
Kovarianz (u'v')	:	-14.58 $(cm/s)^2$
Kin. Eddy-Energie k_e	:	42.67 $(cm/s)^2$
Mittl. Kin. Energie k_m	:	0.12 $(cm/s)^2$
k_e/k_m	:	364.3
Rotorstillstand	:	0.1 %

Hauptachsen-Analyse:
$\lambda_1 = 72.3$ $(cm/s)^2$, $\lambda_2 = 13.1$ $(cm/s)^2$, $\theta = 165.2°$ (geogr.)

Prozentuale Häufigkeitsverteilung für Speed und Richtung:

Speedinter-vall (cm/s) :	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	Richtg. gesamt:
0- 30 Grad :	1.0	3.6	0.1	-	-	-	-	-	-	-	4.8
30- 60 Grad :	0.6	2.4	0.1	-	-	-	-	-	-	-	3.2
60- 90 Grad :	0.8	1.8	0.1	-	-	-	-	-	-	-	2.6
90-120 Grad :	0.6	1.7	0.1	-	0.0	-	-	-	-	-	2.4
120-150 Grad :	1.0	4.0	0.9	0.6	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	-	7.2
150-180 Grad :	1.6	9.8	2.8	2.0	1.1	0.6	0.4	0.2	0.0	0.0	18.5
180-210 Grad :	1.0	7.1	1.2	0.3	0.1	0.1	0.0	-	-	-	9.9
210-240 Grad :	1.1	3.7	0.2	0.0	-	-	-	-	-	-	5.0
240-270 Grad :	0.7	2.3	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	3.1
270-300 Grad :	0.7	1.8	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	2.7
300-330 Grad :	1.7	4.6	0.2	-	0.0	-	-	-	-	-	6.6
330-360 Grad :	4.7	26.0	3.0	0.3	0.1	0.0	-	-	-	-	34.1
Speed gesamt :	15.4	68.9	8.9	3.2	1.7	1.0	0.5	0.2	0.1	0.0	%

PE5



record no: a96112

si= 15 min; sd= 30 m

data not filtered

18.05.1996 07:00 − 21.07.1996 07:15 (UTC)

Time marks (x) are given every 240 hours

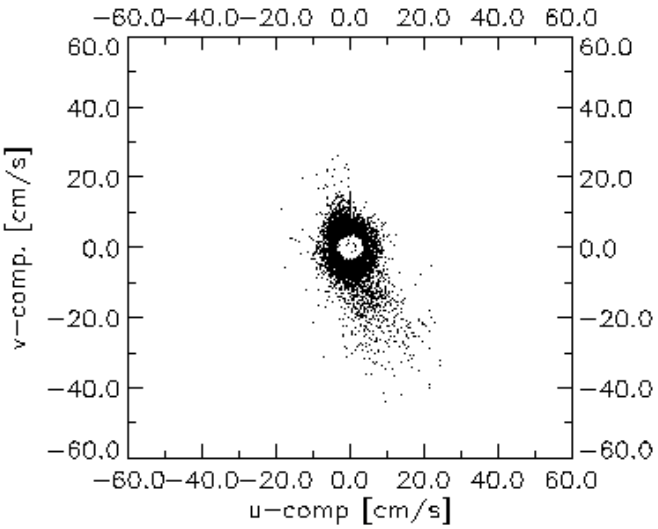


Tabelle 6: Strömungsstatistik PE6, Recordnr.: a96113

	Mittel	Max	Min	95%-KI	Stdabw.	Varianz	K_i
u-Komponente:	0.75	30.55	-14.00	0.11	4.23	17.93	0.3145×10^5
v-Komponente:	-0.56	26.76	-36.49	0.17	6.62	43.76	0.9172×10^5
Betrag :	6.58	42.57	1.50	0.11	4.39	19.29	
Temperatur :	29.10	19.76	28.22	<0.01	0.14	0.02	

95%-KI = 95% Konfidenzintervall, Stdabw. = Standardabweichung,
K_i = Eddy Diffusivity (cm^2/s)

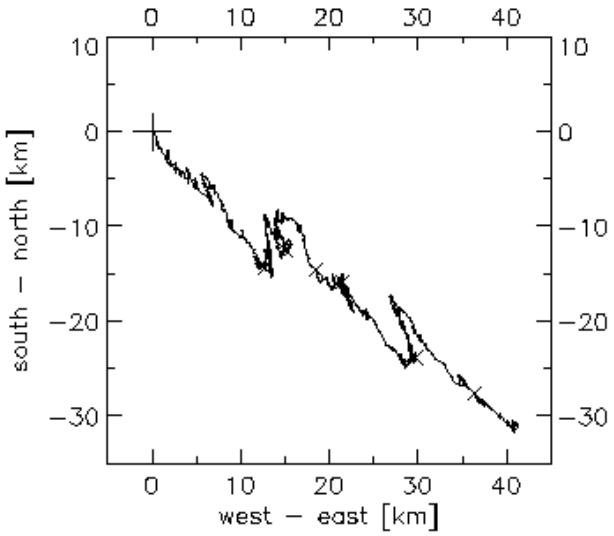
Messzeitraum (UTC)	:	02.08.1996 05:00 - 05.10.1996 05:45
Anzahl Messzyklen	:	6148
Messzyklus	:	15.00 Minuten
Messtiefe	:	25 m
Bodenabstand	:	5 m
Mittlere Richtung	:	127 Grad
Vektorielles Mittel	:	0.93 cm/s
Stabilitaetsfaktor	:	14.2 %
Kovarianz (u'v')	:	-14.57 $(cm/s)^2$
Kin. Eddy-Energie k_e	:	30.85 $(cm/s)^2$
Mittl. Kin. Energie k_m	:	0.44 $(cm/s)^2$
k_e/k_m	:	71.0
Rotorstillstand	:	3.9 %

Hauptachsen-Analyse:
$\lambda_1 = 50.3$ $(cm/s)^2$, $\lambda_2 = 11.4$ $(cm/s)^2$, $\theta = 155.8°$ (geogr.)

Prozentuale Häufigkeitsverteilung für Speed und Richtung:

Speedinter-vall (cm/s) :	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	Richtg. gesamt:
0- 30 Grad :	2.9	2.1	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	5.1
30- 60 Grad :	2.1	1.5	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	3.8
60- 90 Grad :	1.8	1.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	3.1
90-120 Grad :	2.2	1.7	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	-	-	-	4.5
120-150 Grad :	3.7	5.1	2.8	1.3	0.5	0.2	0.2	0.0	0.0	-	13.8
150-180 Grad :	5.0	6.2	2.6	0.8	0.3	0.1	0.1	0.0	-	-	15.3
180-210 Grad :	3.8	3.7	0.8	0.1	0.0	0.0	-	-	-	-	8.4
210-240 Grad :	2.5	1.5	0.3	0.0	-	-	-	-	-	-	4.2
240-270 Grad :	2.1	1.0	0.1	-	-	-	-	-	-	-	3.2
270-300 Grad :	2.2	1.3	0.1	-	-	-	-	-	-	-	3.5
300-330 Grad :	3.4	2.4	0.3	0.0	0.0	-	-	-	-	-	6.2
330-360 Grad :	11.6	14.7	2.0	0.5	0.1	0.1	-	-	-	-	28.8
Speed gesamt :	43.2	42.3	9.6	2.8	1.0	0.5	0.4	0.1	0.0	-	%

PE6



record no: a96113

si= 15 min; sd= 25 m

data not filtered

02.08.1996 05:00 − 05.10.1996 05:45 (UTC)

Time marks (x) are given every 240 hours

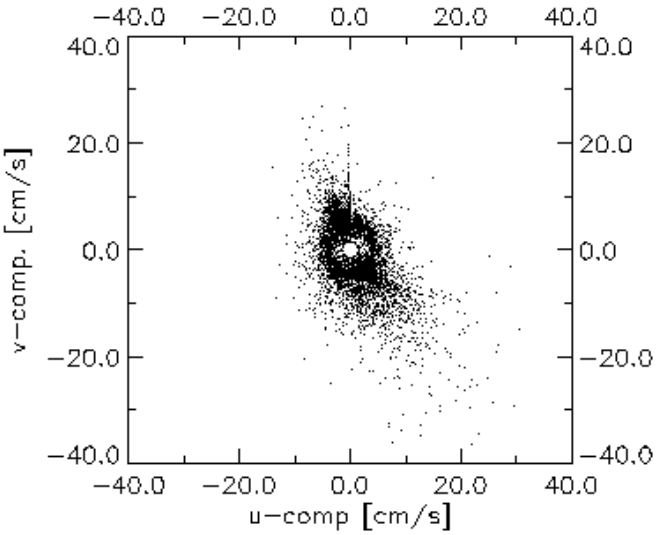


Tabelle 7: Strömungsstatistik PE7, Recordnr.: a97018

	Mittel	Max	Min	95%-KI	Stdabw.	Varianz	K_i
u-Komponente:	-0.27	29.54	-14.31	0.05	2.45	5.98	0.9458×10^4
v-Komponente:	0.98	24.84	-24.24	0.08	4.09	16.72	0.3900×10^5
Betrag :	4.01	32.12	1.50	0.06	2.76	7.64	
Druck :	28.08	29.70	27.10	0.01	0.41	0.17	
Temperatur :	28.78	29.76	27.75	<0.01	0.23	0.05	

95%-KI = 95% Konfidenzintervall, Stdabw. = Standardabweichung,
K_i = Eddy Diffusivity (cm^2/s)

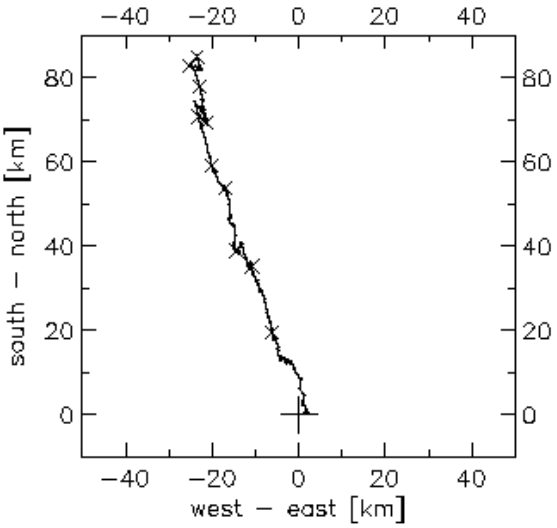
Messzeitraum (UTC)	:	11.11.1996 07:15 – 20.02.1997 07:00
Anzahl Messzyklen	:	9696
Messzyklus	:	15.00 Minuten
Messtiefe	:	25 m
Bodenabstand	:	5 m
Mittlere Richtung	:	344 Grad
Vektorielles Mittel	:	1.02 cm/s
Stabilitaetsfaktor	:	25.3 %
Kovarianz (u'v')	:	-3.66 $(cm/s)^2$
Kin. Eddy-Energie k_e	:	11.35 $(cm/s)^2$
Mittl. Kin. Energie k_m	:	0.52 $(cm/s)^2$
k_e/k_m	:	22.0
Rotorstillstand	:	8.9 %

Hauptachsen-Analyse:
$\lambda_1 = 17.8$ $(cm/s)^2$, $\lambda_2 = 48.5$ $(cm/s)^2$, $\theta = 162.9°$ (geogr.)

Prozentuale Häufigkeitsverteilung für Speed und Richtung:

Speedinter-vall (cm/s) :	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	24-28	28-32	32-36	36-40	Richtg. gesamt:
0- 30 Grad :	3.5	2.3	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	5.9
30- 60 Grad :	1.9	1.4	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	3.4
60- 90 Grad :	1.7	1.1	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	2.8
90-120 Grad :	2.0	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	3.1
120-150 Grad :	4.4	2.2	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	-	7.4
150-180 Grad :	7.6	2.5	0.8	0.3	0.1	0.0	-	-	-	-	11.3
180-210 Grad :	5.4	2.3	0.4	0.1	0.0	-	-	-	-	-	8.2
210-240 Grad :	3.5	1.4	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	5.0
240-270 Grad :	2.1	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	3.4
270-300 Grad :	2.9	1.2	0.0	-	-	-	-	-	-	-	4.2
300-330 Grad :	4.9	3.1	0.2	0.1	0.0	0.0	-	-	-	-	8.3
330-360 Grad :	20.8	12.5	2.7	0.6	0.2	0.1	0.0	-	-	-	36.9
Speed gesamt :	60.6	32.6	4.8	1.3	0.5	0.1	0.0	0.1	0.0	-	%

PE7



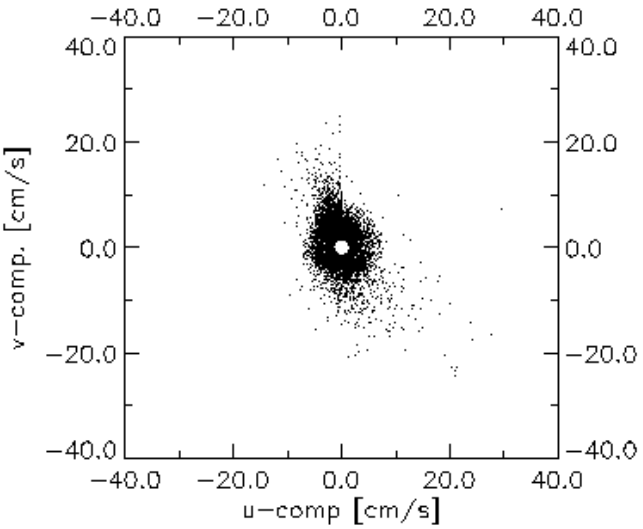
record no: a97018

si= 15 min; sd= 25 m

data not filtered

11.11.1996 07:15 − 20.02.1997 07:00 (UTC)

Time marks (x) are given every 240 hours



III. Tiefpass-Statistik

Die Langrangen Skalen nach Taylor (1921) beschreiben Eigenschaften der mittleren Strömung, insbesondere bezüglich der Dispersion passiver suspendierter Beimengungen durch turbulente Fluktuationen des lokalen Strömungsregimes. Zur Elimination der Gezeiten werden die Daten vor Berechnung dieser Werte mit einem 48h-Gauß-Tiefpassfilter geglättet. Die integralen Lagrangeschen Zeitskalen T_x, T_y bestimmen, nach welcher Zeit die turbulenten Fluktuationen statistisch unabhängig werden. Die Lagrangeschen Längenskalen L_x, L_y geben an, wielange sich ein transportiertes Partikel an seinen Weg "erinnern" kann, d.h., es ist der Abstand, bis zu dem die Strömung von der Strömung direkt an der Messposition beeinflusst ist. Die Lagrangesche Eddy-Diffusionskoeffizienten k_x, k_y sind ein Maß für die horizontale Dispersion vom passiven Tracern. Zur genauen Definition der Parameter siehe Kapitel V.

Tabelle 8: Lagrange-Statistik, 48h-Gauß-Tiefpass

	$u'u'$ $v'v'$	$u'v'$	k_E k_M	T_x T_y	L_x L_y	k_x k_y
-	cm²/s²	cm²/s²	cm²/s²	Tage	km	cm²/sx10^5
PE1	1.1	0.6	5.9	0.6	0.6	0.6
	10.7		5.4	1.1	3.2	10.3
PE3	2.7	-8.9	11.9	1.9	3.6	7.9
	18.9		0.2	2.1	7.9	34.5
PE4	3.7	3.2	6.7	10.7	17.9	34.4
	9.8		4.6	10.8	29.2	91.3
PE5	2.0	-4.8	8.1	2.3	2.7	3.8
	14.3		0.1	2.1	7.2	26.5
PE6	1.2	-1.6	1.7	1.6	1.5	1.7
	2.8		0.4	1.0	1.5	2.5
PE7	0.3	-0.4	0.9	2.7	1.2	0.6
	1.6		0.5	1.8	2.0	2.6

Da - mit Ausnahme von PE6 - die meridionalen Komponente der mittlere Strömung überwiegt, sind die meridionalen Varianzen, Längenskalen und Diffusionskoeffizient deutlich größer als die entsprechenden zonalen Werte. Dies gilt jedoch nicht im gleichen Maße für die Lagrangeschen Zeitskalen.

IV. Monatsmittelwerte

Tabelle 9 zeigt eine Zusammenstellung der Monatsmittelwerte für Strömung und Temperatur. Das Verhältnis von Datentagen zu Monatstagen (DT/MT) gibt an, wie viel Tage des Monats durch Messdaten abgedeckt sind. Ferner ist die Anzahl der in die Berechnung eingegangenen Messzyklen angegeben.

Tabelle 9: Monatsmittelwerte Strömung und Temperatur

Monat	Jahr	Zyklen	DT/MT	u	v	V_v	V_s	dir	Temp.	SST
-	-	-	-	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	°	°C	°C
Okt.	1994	3355	25/31	-0.5	-3.0	3.1	10.8	189	24.6	>28
Okt.	1995	2762	29/31	0.8	-0.8	1.2	11.8	135	29.2	>28
Nov.	1995	2880	30/30	0.5	0.3	0.5	9.2	58	29.0	>28
Dez.	1995	2976	31/31	-0.5	2.4	2.4	6.3	347	28.7	>28
Jan.	1996	2140	23/31	2.0	3.3	3.8	7.7	31	28.7	>28
Feb.	1996	2784	29/29	2.3	5.4	5.9	7.9	23	28.7	>29
März	1996	2976	31/31	-0.1	1.3	1.3	6.7	357	28.6	>29
Apr.	1996	2500	27/30	-0.1	0.8	0.8	5.7	350	29.3	>30
Mai	1996	1316	14/31	-0.4	-0.0	0.4	9.0	264	29.4	>30
Juni	1996	2880	30/30	0.3	-0.8	0.9	8.1	158	29.3	>29
Juli	1996	1950	20/31	0.2	-0.3	0.4	7.1	138	29.2	>29
Aug.	1996	2860	30/31	0.7	-0.5	0.9	7.4	127	29.1	>29
Sep.	1996	2880	30/30	0.7	-0.5	0.8	5.8	127	29.1	>28
Okt.	1996	408	4/31	1.6	-1.2	2.0	6.4	126	29.0	>28
Nov.	1996	1891	20/30	-0.6	2.1	2.2	6.0	343	28.9	>28
Dez.	1996	2976	31/31	-0.4	0.9	1.0	4.2	339	28.8	>28
Jan.	1997	2976	31/31	-0.1	0.8	0.8	3.6	351	28.7	>28
Feb.	1997	1853	20/28	0.0	0.3	0.3	2.4	359	28.8	>29
Mittelwert			:	0.37	0.58	1.59	7.00	32	28.98[1)]	-
Standardabweichung			:	0.85	1.88	1.46	2.36	-	0.25	-

DT/MT = Datentage/Monatstage
SST = Mittlere Sea Surface Temperature nach DHI(1990)
[1)]ohne Temperaturwert Oktober 1994 (Buschfeuer)

Die mittlere Strömungsrichtung folgt im wesentlichen den Monsunen, deren Hauptrichtung parallel zur Längsachse der Insel Sumatra ausgerichtet ist (DHI [1990]). In den Monaten Juni bis Oktober setzt der Strom in SE'liche Richtung, in den anderen Monaten herrscht eine NW'liche Richtung vor. Im November 1995, sowie Januar und Februar 1996 setzt der mittlere Strom in NE'liche Richtung. Dies ist möglicherweise eine Folge der starken topographischen Gradienten im Nahfeld der Insel.

Die Temperaturen, gemessen in 25 m Tiefe, weisen nur einen sehr minimalen Jahresgang auf. Die mittlere Temperatur liegt bei 29° C mit einer Standard-abweichung von 0.25°C. Bei dieser Berechnung wurde der um etwa 5°C tiefer liegende Wert vom Oktober 1994 ausgeklammert, da infolge der langanhaltenden Buschbrände zwischen Juli und November 1994 die Sonneneinstrahlung drastisch reduziert wurde. Vom Satelliten gemessenen SSTs[4] zeigen ein großflächiges Absinken der Oberflächentemperaturen vor der Westküste von Sumatra von 4 – 5°C. Zum Vergleich mit den Messdaten sind klimatologische Mittelwerte für die SSTs nach DHI (1990) angegeben. Diese zeigen eine jahreszeitliche Variation von etwa 2°C, die jedoch auf die Oberflächenschicht beschränkt bleibt.

V. Definition der statistischen Parameter

Die Indizes i,j stehen für die u- (Ost-West-) und v-Komponente (Nord-Süd) des Geschwindigkeitsvektors.

Mittelwert:

$$(1)\quad \overline{u_i} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} u_i$$

1

Varianz:

$$(2)\quad \overline{u_{i'} u_{j'}} = \frac{1}{n}\sum_{i,j=1}^{n} u_{i'} u_{j'} \quad mit\ u_{i'} = u_i - \overline{u_i}$$

Mittlerer Geschwindigkeitsbetrag:

$$(3)\quad \overline{V_s} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \sqrt{u_i^2 + v_i^2}$$

[4] SST = Sea Surface Temperature

Mittlere vektorielle Geschwindigkeit (Speed):

$$(4)\quad \overline{V_v} = \sqrt{\overline{u}^2 + \overline{v}^2}$$

Mittlere Richtung (Richtung des Reststroms):

$$(5)\quad \varphi(\overline{u},\overline{v}) = atan2(\overline{u},\overline{v}) x \frac{180}{\pi}$$

Stabilitätsfaktor (Richtungsstabilität in %). SF = 100 entspricht einer konstanten Strömungsrichtung:

$$(6)\quad SF = (\overline{V_v}/\overline{V_s}) x100$$

Mittlere kinetische Energie:

$$(7)\quad k_M = \frac{1}{2}(\overline{u}^2 + \overline{v}^2)$$

Kinetische Eddy-Energie:

$$(8)\quad k_E = \frac{1}{2}(\overline{u'u'} + \overline{v'v'})$$

95%-Vertrauensbereich der Mittelwerte unter Annahme einer Gauß'schen Normalverteilung:

$$(9)\quad \overline{u_i} \pm 1.96 \frac{\sqrt{\overline{u_i' u_i'}}}{\sqrt{n-1}}$$

Lagrangesche Skalen:

Lagrangian integral time scale:

$$(10)\quad T_i = \int_0^\infty R_i(\tau) d\tau$$

mit der normalisierten Autokorrelationsfunktion

$$(11)\quad R_i = \frac{1}{\overline{u_i' u_i'} T_{\max}} \int_0^{T_{\max}} u_i'(t) u_i'(t+\tau) dt$$

Integriert wird bis zum ersten Nulldurchgang von $\mathbf{R}_i$.

Lagrangian length scale:

$$(12)\quad L_i = \sqrt{\overline{u_i' u_i'}}\, T_i$$

Eddy diffusivity:

$$(13) \quad K_i = \overline{u_i' u_i'}\, T_i$$

Hauptachsenlage des Varianz-Tensors:

$$(14) \quad \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \overline{u'u'} & \overline{u'v'} \\ \overline{u'v'} & \overline{v'v'} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} = 0$$

$$(15) \quad \theta = \frac{1}{2} arctg \frac{2\overline{u'v'}}{\overline{u'u'} - \overline{v'v'}}, \quad mit\ \overline{u'v'} = \overline{v'u'}$$

In den Tabellen ist T in Kompassgraden angegeben!

Eigenwerte (Haupt- und Nebenachse):

$$(16) \quad \lambda_{1,2} = \frac{I}{2} \pm \sqrt{\frac{I^2}{4} - II}, \quad mit\ I = \overline{u'u'} + \overline{v'v'}\ und\ II = \overline{u'u'}\,\overline{v'v'} - 2\overline{u'v'}$$

VI. Literatur

Aanderaa, 1979: Operating Manual RCM4/5. Aanderaa Instruments. Bergen,

DHI, 1990: Handbuch der Südküste Asiens. O-liches Arabisches Meer, Bengalisches Meer, Malakkastraße und SW-Küste Sumateras, incl. Nachtrag Nr.1, BSH 1993.

Taylor, G. I., 1921: Diffusion by continuous movements. Proc. London Math. Soc., **A20**, 196-211.